T075a

GUIDA DIDATTICA N° 1
Supplemento alle "Memorie dello Speleo Club Chieti"

VITTORIO CASTELLANI

{Fondazione Ludwig Keimer per le ricerche comparate in Archeologia ed Etnologia}

A P P U N T I

D I

T O P O G R A F I A   S O T T E R R A N E A

=====

Pubblicata con il contributo della Regione ABRUZZO
e della Cassa di Risparmio della Provincia di Chieti

Chieti 1975

Nel seguito sono riportate alcune considerazioni introduttive alla topografia sotterranea, così come elaborate per il XX Corso Propedeutico di Speleologia tenuto dall'URRI. L'esemplificazione è tratta da materiale originale elaborato durante la campagna di rilevamento del complesso di Ojo Guareña (1971)

1/ Rilievo di gallerie sotterranee.

L'esecuzione di un rilievo nella stragrande generalità dei casi consiste, com'è noto, nel ricavare i dati di una poligonale che attraversi gli ambienti sotterranei, e nel fissare - rispetto agli assi così determinati - le ulteriori caratteristiche degli ambienti, quali conformazione, tipo di suolo, specchi d'acqua etc. Tale procedura è suggerita non solo dall'esigenza di utilizzare forme semplici di rilevamento, ma anche dall'importanza spesso primaria che ha la conoscenza dello sviluppo della cavità, sia riguardo lo studio dell'ambiente sotterraneo in sè, sia riguardo relazioni e collocazioni rispetto all'ambiente esterno.
Strumenti usuali per tale rilevamento sono bussola, clinometro e fettuccia metrica.

2/ Rilevamento di una tratta. Errore di restituzione.

La relativa posizione di due punti rilevati A_1 e A_2 è nota (cfr. Fig. 1) la distanza r tra i due punti e gli an-

ria moderna - francavilla al mare - tel. 810. 553

ERO UNICO
esa di registrazione

gli α e β formati dall'intersezione del piano orizzontale (O) passante per A_1 col piano verticale (V) passante per A_1 e A_2 rispettivamente con la direzione del Nord (α) e col segmento A_1A_2 (β). In pratica r si misura con la fettuccia metrica, α con la bussola e β col clinometro.

Dalla restituzione in pianta la direzione del segmento rispetto al Nord sarà data direttamente da α, la lunghezza del segmento da

$r' = r \cos \beta$ mentre la quota tra i due punti sarà pari a

$h = r \operatorname{sen} \beta$. Tavole di seni e coseni sono sono di larga utilizzazione e di facile reperimento.

Poichè la misura dei dati e, α e β potrà essere più o meno precisa mai 'esatta', ad ogni procedura di rilevamento è fatalmente associato un errore nei dati e quindi un errore nella restituzione del rilievo.

Se indichiamo con dr, $d\alpha$ e $d\beta$ le differenze tra i valori misurati e quelli 'veri', nella restituzione noi portiamo il punto A_2 in una posizione A_2^* tanto più diversa da quella vera A_2° quanto maggiori dr, $d\alpha$ e $d\beta$.

Poniamo per semplicità $\beta = 0$ (cioè tratta orizzontale). In tal caso avremo ($\cos \beta = 1$) in pianta un errore

$dr' = dr$ (errore nella misura con la fettuccia) della lunghezza del segmento e un errore $d\alpha$ nella direzione di questo.

In pratica (cfr. Fig. 2) il punto A_2^* sarà allontanato da A_2° di dr e spostato lateralmente di $r \times d\alpha$ (se l'angolo α è misurato in radianti $360° = 2\pi$ rad.; $1° = 6.28/360$ rad.).

Su una tratta di 20 metri l'errore di un grado sulla misura di α equivale ad uno spostamento del punto rilevato di poco meno di 40 cm.

Risulta quindi evidente come sia inutile preoccuparsi eccessivamente di misurare le distanze al cm se non si riesce a misurare gli angoli notevolmente meglio di $\pm$ 1 grado.

Nel caso di tratta non orizzontale ($\beta \neq 0$, diverso da zero) l'errore su r si distribuisce al variare dell'inclinazione, in parte come errore su r' ed in parte come errore su h. L'errore su α dà ancora uno spostamento laterale in pianta dato da

$$r' \, d\alpha = r \cos \beta \, d\alpha$$

mentre l'errore su β ha effetti analoghi ad un errore su r (cioè si somma all'errore $dr' = dr \times \cos \beta$ causato da dr)

$$dr' = r \times \operatorname{sen} \beta \times d\beta$$

così che in totale si ha

$$dr' = \cos \beta \times dr + r \operatorname{sen} \beta \, d\beta$$

3/ Errori di misura.

Evidentemente non è possibile sapere o prevedere quale

sarà l'errore di una misura. E' possibile però prevedere le caratteristiche che, in media, avranno gli errori.

Se noi traguardiamo 'n' volte (per esempio 30 volte) lo stesso riferimento, ineluttabilmente troveremo risultati differenti che si distribuiranno come in Fig. 3. La forma della Fig. 3 (istogramma degli errori) è fissa, e dipende dal fatto che gli errori compiuti sono casuali. La larghezza della figura è invece un indice della bontà delle misure (non di una particolare) ed è funzione dello strumento e di chi lo adopera.

La Fig. 3 si può leggere nel senso che, se di un operatore e del suo strumento si conosce l'istogramma degli errori, allora si può prevedere che in media le misure artino di un errore 'standard', cioè conoscere il grado di precisione delle misure. In mancanza di questo l'affermazione che le misure "sono state fatte bene", vera o non vera che sia, non dà reali indicazioni sull'attivo scarto dei risultati.

Le misure, come mostrato in Fig. 3, si distribuiscono intorno ad un valore medio che, in assenza di errori sistematici, è il valore vero. Questo suggerisce che nel caso si richieda una misura particolarmente precisa, si può ripetere la misura un numero sufficiente di volte e determinare il valore 'vero' centrale. Questo sempre che non si verifichino errori sistematici, cioè che oltre alle indeterminazioni proprie della misura non siano presenti veri e propri 'sbagli', come una bussola che non punti il Nord (caso che - come sarà visto nel seguito - è più frequente di quanto non si creda).

Ad evitare sviste colossali sarebbe consigliabile ripetere 2 o 3 volte ogni misura di angoli, rassicurandosi che i risultati siano confortabilmente simili: si tenga presente che, una volta in postazione, ripetere le misure non costa praticamente tempo. Sarebbe in ogni modo veramente bene che ogni operatore conoscesse l'istogramma degli errori di sè e del suo strumento; si può fare questo molto rapidamente e semplicemente e dovrebbe essere richiesto in ogni corso di speleologia.

Va da sè se si chiederà ad un allievo (o a noi stessi) di ripetere 30 volte la stessa misura, nella grande maggioranza dei casi si avranno quasi 30 risposte coincidenti. Questo significa che o la gradazione dello strumento è troppo larga in confronto alla precisione raggiungibile o che, come in genere avviene, dopo la prima misura noi inconsapevolmente siamo incapaci di operarare altre misure realmente indipendenti, ed in realtà non facciamo altro che ricontrollare ogni volta che il primo numero "è quello buono". Per ovviare a tale inconveniente basta fissare un acconcio numero di traguardi differenti (anche lungo le pareti di una camera) di cui si conosca bene il riferimento angolare, e misu-

zare gli scarti delle misure dai valori veri.

Errore nelle misure ripetute.

Può lasciare sconfortati che su una tratta di 20 m sia facile compiere errori dell'ordine del mezzo metro. Fortunatamente per una serie di misure, come nel rilevamento di una poligonale, le cose se non migliorano non peggiorano nemmeno così drasticamente come si potrebbe pensare.

Si può comprendere questo osservando il grafico in Fig.

Supponiamo di misurare 'n' tratte di lunghezza comparabile. Dopo la prima tratta avremo commesso - come indicato nel paragrafo precedente - un certo errore, e il punto rilevato disterrà dalla posizione vera di un segmento $A_2^*A_2^\circ$. Se fossimo in grado di misurare la seconda tratta A_2A_3 senza errori, il punto A_3 disterebbe dalla sua posizione vera A_3° esattamente come A_2^* da A_2°. Ne consegue che in realtà l'errore $A_3^*A_3^\circ$ sarà dato dalla somma dello spostamento $A_2^\circ A_2^*$ più lo spostamento dovuto all'errore nella seconda tratta. E così per ogni tratta successiva il punto rilevato disterà dal punto vero della somma di tutti i precedenti spostamenti (cfr. Fig. 5). Poichè (e se) gli spostamenti sono casuali, il punto rilevato non tende ad allontanarsi indefinitivamente dal punto vero, ma tenderà ad oscillare attorno al punto vero, con una dispersione non molto superiore a quella caratteristica delle misure (errori standard). Questo sovrapporsi ed eliminarsi degli errori è il motivo per cui spesso i rilievi sono migliori di quello che comunemente si creda. Ne segue che la massima attenzione deve essere posta nell'evitare gli errori eccezionali (le sviste) e gli errori sistematici. Un sistema spesso utilizzato è anche quello di riprendere da ogni stazione l'angolo della precedente e controllare che i due angoli differiscano, come atteso, da 180°.

5/ Raccolta dei dati.

E' necessario enfasizzare una serie di punti che, pur potendo sembrare "a tavolino" una ricerca di perfezionismo, si rivelano spesso una fondamentale necessità.

a) Segnare i punti rilevati. Nei casi più 'pacifici' questo può essere fatto con picchetti piantati nel suolo, nei rilievi più spediti è sempre possibile inventarsi un sistema rapido per marcare le stazioni (gessi cerosi, nastri adesivi, incisioni col martello etc.), specie se si scelgono le stazioni tenendo presente questa necessità. Un rilievo fatto a stazioni 'volanti' è un inconoscibile, un gioco d'azzardo. Qualunque dubbio sorga, niente è più ricontrollabile (da noi stessi e da altri) se non attraverso un intero nuovo rilievo.

b) Utilizzare per il rilievo moduli predisposti (Fig. 6). Inutile farsi promesse di appuntare ordinatamente tut-

to il rilievo di un certo sviluppo andrà sempre a finire in un cumulo di foglietti in cui, a freddo, sarà spesso difficile raccapezzarsi. La necessità di riempire delle caselle obbliga a segnare anche i dati che sul posto spesso sembrano evidenti; sarà inoltre chiaro il significato di ogni cifra cosa che purtroppo spesso non avviene nei rilievi di cifre riversate sui semplici tacquini.

Da curare esageratamente la stesura di uno schizzo che accompagni la raccolta dei dati. In mancanza di un buono schizzo nella restituzione si incapperà fatalmente in errori fondamentali. Con un poco di attenzione un buono schizzo (Fig. 7) deve già dare un'idea precisa della cavità.

Operare la restituzione il più presto possibile. Dopo una settimana molti particolari, che possono essere preziosi, possono cominciare a sfumare: a Ojo Guareña solitamente in grotta alla fine di ogni giornata di lavoro.

Un buon rilievo, cioè ben misurato, ben raccolto e ben restituito non dovrebbe scostare dal vero di più di un paio di metri al massimo.

Se si ha avuto l'accortezza di segnare le stazioni, come raccomandato al punto a), esiste un rapido controllo in grado di fornire preziosissime informazioni: basta rimisurare rapidamente (p. e. al ritorno) i soli angoli delle stazioni. Questo può essere fatto in una frazione di tempo microscopica in confronto al tempo di rilievo; basta che una coppia di rilevatori si sposti progressivamente sulle stazioni, sostando quei pochi attimi necessari per fare la misura. Dal confronto dei due blocchi di dati si ottiene facilmente:

1) - Una conferma dell'assenza di 'sviste' o errori sistematici, o viceversa, la chiara indicazione che il rilievo è sbagliato.

2) - Gli scarti delle due serie di misure forniscono automaticamente l'istogramma degli errori relativi a quel rilievo ed in quelle condizioni, dando una chiara indicazione della precisione raggiunta.

Poichè la misura delle distanze è difficilmente suscettibile di grossolani errori, conoscere questi due punti equivale a poter fornire un rilievo chiaro e significativo.

Una buona squadra di rilevamento dovrebbe essere costituita da almeno tre unità: una alla bussola e due alla fettuccia metrica e per stendere gli appunti. Con un numero inferiore il tempo di rilevamento tende a crescere paurosamente.

6/ <u>Errori sistematici.</u>

Gli errori sistematici (cioè nel sistema di misura) sono di per sè imprevedibili e non soggetti a valutazione.

Può essere un errore sistematico un'errore di scrittura dei dati, una cifra confusa nel leggere la metratura della fettuccia, etc. Gli errori sistematici più frequenti in ambiente sotterraneo, sono cattivi funzionamenti della bussola dovuti alla vicinanza di corpi metallici. La necessità di illuminare per la lettura alcuni tipi di bussola induce spesso ad avvicinare allo strumento corpi metallici facenti parte di strumenti di illuminazione (carburo, lampade frontali, etc.). E' questa una procedura estremamente pericolosa che può portare a sovvertimenti delle misure. Si tenga presente che al limite anche un orologio con pesante bracciale metallico se avvicinato troppo può alterare le misure. L'unico rimedio contro gli errori sistematici è usare tutto il proprio buon senso per cercare di prevenirli.

Rilievo di ambienti vasti.

In caso di ambienti particolarmente vasti una poligonale che attraversi un asse dell'ambiente può non fornire dati sufficientemente precisi sulla forma dell'ambiente. Vale appena la pena di ricordare che in questi casi una poligonale chiusa che contorni l'area da rilevare dà ottimi risultati. Un altro possibile e più spedito sistema (quello misure di angoli) consiste nel traguardare da una stazione centrale una serie di stazioni lungo le pareti come illustrato in Fig. 8.

8) Strumentazione.

La scelta della strumentazione discende da tanti criteri personali che è impopolare, se non difficile, dare criteri generali in merito. E' nondimeno evidente che tutti gli strumenti complicati, che richiedono la continua apertura di coperchi, la lettura in specchietti, l'operare su ghiére, bottoni o rotelle, in un ambiente sotterraneo finiscono col creare tanti di quei problemi di illuminazione e di funzionamento (umidità, fango etc.) che il rilevamento diviene spesso un processo lungo, noioso o aleatorio.

Esistono oggi in commercio, sia bussole che clinometri a tamburo ruotante e a traguardo diretto, molto compatti senza parti mobili e a scala luminosa. Modelli con una scala di 0,5° sono, a mio parere, l'optimum per un rilievo preciso e spedito, e ogni gruppo dovrebbe averne almeno un esemplare.

- - -

SCALIE FIGURE.

1 - Elementi di rilevamento di un segmento A_1A_2.

2 - Lo scarto in pianta tra il punto restituito A_2^* e il punto vero A_2 per un errore dr nella misura delle distanze e dα nella misura dell'orientazione.

3 - La distribuzione di misure ripetute attorno al valore vero (67°,7). L'altezza della linea spezzata (istogramma) indica il numero di misure che cadono in ogni intervallo. Così nell'istogramma di sinistra si ha una misura tra 65°,5 e 66°, tre tra 66° e 66°,5, sei tra 66°,5 e così via. I due istogrammi esemplificano la risposta di una serie di osservazioni con diverso grado di precisione. Le frecce indicano l'errore 'standard' (∼ 1° nel primo caso e ∼ 2°,5 nel secondo).

4 - Misurando senza errori una seconda tratta A_2A_3, l'errore nella prima tratta ($A_2^*A_2^\circ$) viene trasportato inalterato al termine della seconda tratta ($A_3^*A_3^\circ$).

5 - Gli errori compiuti nelle diverse tratte si sommano l'un l'altro, e nella restituzione i punti terminali di ogni tratta disterranno, dal corrispondente punto vero lla), di una distanza paragonabile all'errore standard delle misure.

6 - Esempio di scheda di rilevamento utilizzata per il tratto della "Galleria del telefono" ad Ojo Guareña.

7 - Restituzione del rilevamento della "Galleria del telefono". Le frecce indicano il tratto relativo alla scheda di Fig. 6.

8 - Quattro possibili metodi per il rilevamento di un ambiente:

Misure traverse alla poligonale.
Poligonale chiusa.
Rilevamento angolare
Rilevamento polare.

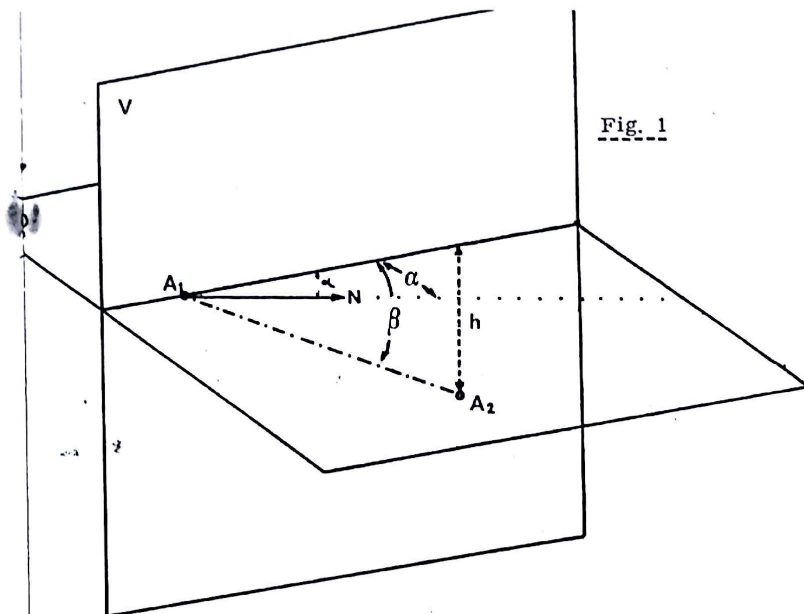


Fig. 1

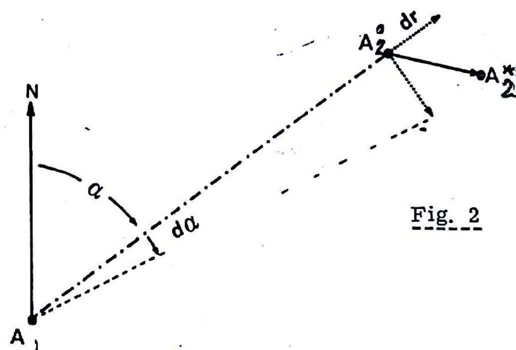


Fig. 2

Fig. 3

Fig. 4

Fig. 5

Hoja N.° 2 Fecha: 12 Agosto 1971

TOPOGRAFÒS: Brújula G. Giglio B. Sexag/Cent. N.Magn/Geog.

Anotaciones F. Werlen C. Sexag/Cent. M.Cinta/Estadia

Gianni Giglio . Maurizio Segatori . Fernando Werlen

	Del Fto.	Al Fto.	GRADOS B	GRADOS C	M. REAL	ANCHO I	ANCHO D	Alto	Tipo suelo
	97	[illegible]	[illegible]	20	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
	99	[illegible]		60		5.[illegible]	4.[illegible]	4	[illegible]
[illegible]	[illegible]	[illegible]	251	−3°	20.5[illegible]				[illegible]
+1	101	[illegible]	5° 25[illegible]	+2°	15.65	1.20	1.60	2.50	R
+1,[illegible]	102	103	113.5 [illegible]	+7°	0.50	1.75	3.30	[illegible]	[illegible]
2,5	[illegible]	[illegible]	3423° [illegible]	+10°	11.5[illegible]	0,50	1.10	8	R+A
−[illegible]	103	104				5.60	1.85	8	R+A
−0,60	104	105	340° 152	−4.30	9.65	—	—	4	R+A
−0.2[illegible]	[illegible]	[illegible]	142	−[illegible]	16.00	0.50	1.00	4	"
−0.55	106	107	289°	−4.30	8.60	6. 50	1.00	5	R
	07	108	349/171	359 000	5.70	1.50	1.20	8	R+A
[illegible]	108	109	50 227	+15°	3.20	1.00	1.00	10	R
0,95	109	110	3223 144	+10°	4.45	1.00	0.80	5	R+A
	pto.	110					1.40	3	
			TOTAL		118.23	Metros			

NOTAS Y SECCIONES

W = ciottoli

S = sabbia

A = argilla

⊙ pozzo ascendente

NOMBRE DE LA CAVIDAD Ojo Guareña

LOCALIDAD /

TOPOGRAFIA COMENZADA DESDE Cacique

TRZ. G.

TRZ. F

TRZ. E

TRZ. D

Gabinete '99 GWS Fecha 13/[illegible] N.°

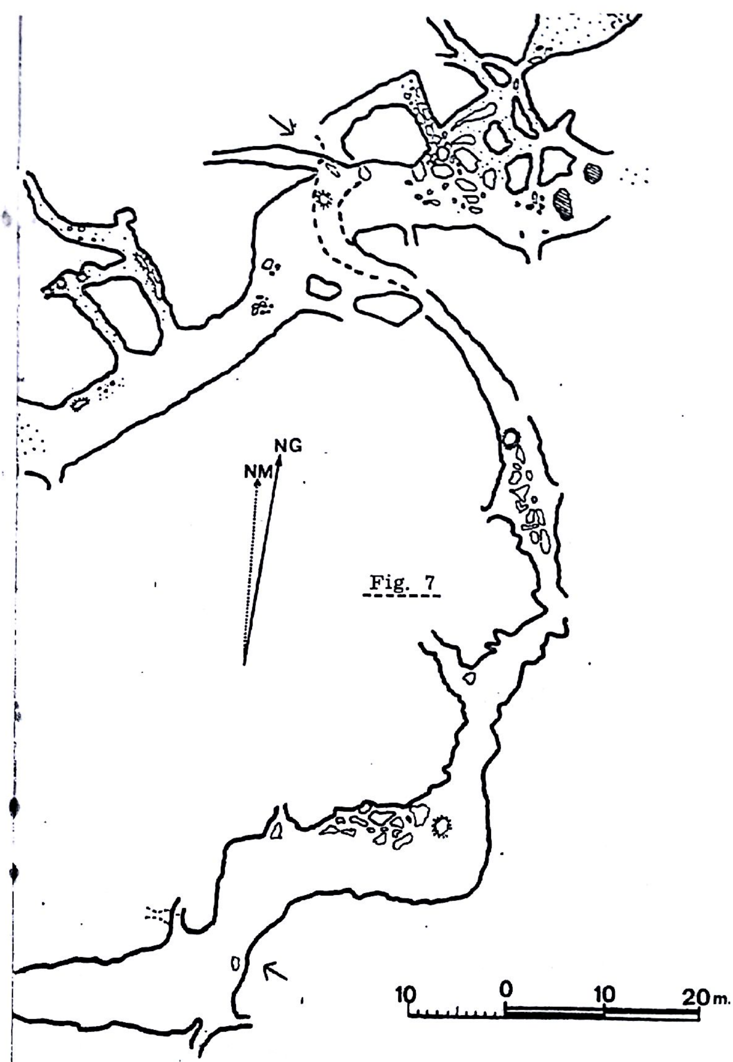


Fig. 7

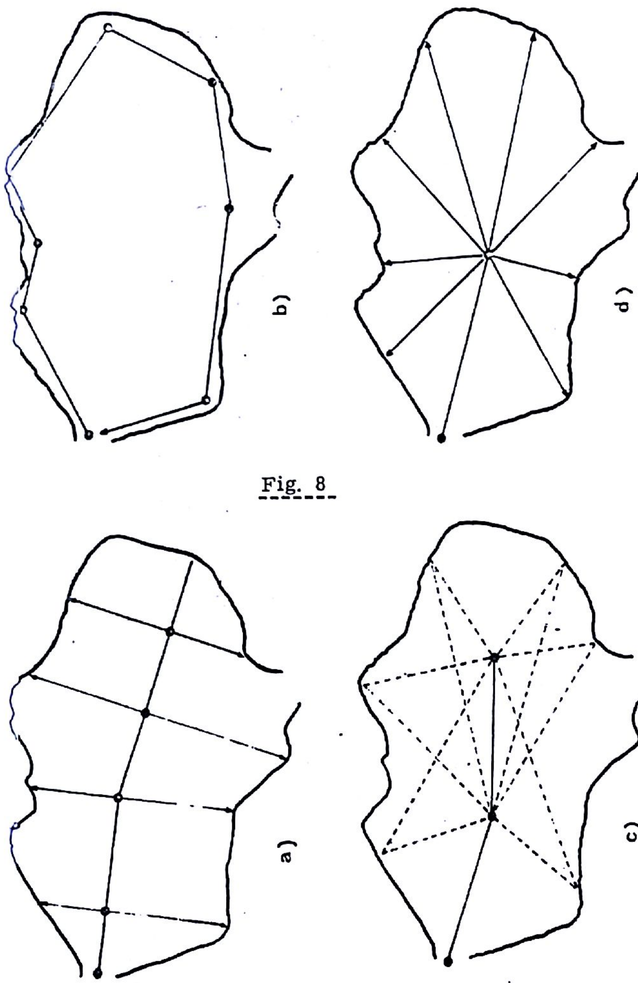


Fig. 8